J. Lake Sci.(湖泊科学),2010,**22**(6):799-810
http://www.jlakes.org. E-mail:jlakes@niglas.ac.cn
© 2010 by *Journal of Lake Sciences*

中国湖泊现状及面临的重大问题与保护策略*

杨桂山,马荣华,张　路,姜加虎,姚书春,张　民,曾海鳌
(中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008)

摘　要:我国湖泊数量多、类型全、分布广,湖泊的形成演化不仅受流域自然环境因素及变化的影响,而且还深受人类活动的干扰,呈现出不同的区域演变特征和生态环境问题.近几十年来,我国湖泊数量、面积和分布都发生了较为显著的变化,并面临着湖泊萎缩与调蓄能力减少、水质下降与富营养化加重、生物多样性减少与生态退化、河湖水力和生态联系阻隔以及湖岸线和环湖地带过度开发等问题,引发一系列生态与环境后果,严重影响流域居民日常生活和经济的可持续发展.本文通过大量湖泊野外考察和调查,查清了我国面积大于1km^{2}湖泊的数量、面积和分布状况,结合历史湖泊调查和相关研究资料,系统分析了近几十年我国湖泊面临的重大生态环境问题及区域特征,提出了我国湖泊保护的策略.
关键词:湖泊现状;中国;生态环境问题;保护策略

Lake status, major problems and protection strategy in China

YANG Guishan, MA Ronghua, ZHANG Lu, JIANG Jiahu, YAO Shuchun, ZHANG Min & ZENG Hai'ao
(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing* 210008, *P. R. China*)

Abstract: Large numbers of lakes with different types are distributed through China. The formation and evolution of the lakes are not only influenced by natural factors in the watersheds, but also deeply disturbed by human activities, which led to different regional evolution characteristics and eco-environmental problems. In recent decades, the number, area and distribution of the lakes have undergone significant changes. Moreover, the lakes are facing many problems such as shrinkage, reduction of storage capacity, water quality decline, serious eutrophication, biodiversity decrease, ecological degradation, barrier of river and lake water and ecological contact, over-development around the shore line and the lake area, etc. These problems have triggered a series of ecological and environmental consequences, seriously affecting the daily lives of the residents and sustainable development of the economy. This paper aims to identify the number, area and distribution of the lakes in China with the area larger than 1km^2, based on field survey and investigation. Combined with historical data of lake surveys and relative research results, the major ecological and environmental problems and regional characteristics of the lakes in recent decades are systematically analyzed, and the protection strategies for the lakes in China are proposed.
Keywords: Lake Status; China; eco-environmental problems; protection strategy

湖泊是陆地表层系统各要素相互作用的节点,是地球上重要的淡水资源库、洪水调蓄库和物种基因库,与人类生产与生活息息相关,在维系流域生态平衡、满足生产生活用水、减轻洪涝灾害和提供丰富水产品等方面发挥着不可替代的作用.中国幅员辽阔,湖泊数量多、类型全、分布广、变化复杂,据《中国湖泊志》记载,全国共有面积大于1.0km^{2}的湖泊2759个,总面积91019.6km^2[1],广泛分布于东部平原、青藏高原、云贵高原、蒙新高原、东北平原与山地等五大湖区.近几十年来,随着区域气候环境变化和人类活动干扰加剧,不仅湖泊数量、形态和分布发生了巨大变化,而且湖泊水量、水质和水生生物种群与数量变化也十分显著.生态系统退化、水体富营养化、洪水调蓄能力降低和受人类活动干扰强烈等成为中国湖泊普遍面临的重大问题,严重影响流域经济社会可持续发展和居民生活安定,倍受各级政府和社会各界的广泛关注.

为摸清全国湖泊家底,填补我国湖泊科学研究空白,1950s末至1980s中期,我国开展了第一次全国湖

* 科技部国家科技基础性工作专项"中国湖泊水质、水量和生物资源调查"(2006FY110600)项目资助.2010-09-12收稿;2010-10-09收修改稿.杨桂山,男,1965年生,博士,研究员;E-mail:gsyang@niglas.ac.cn.

泊资源调查,先后对全国主要湖泊水文、地质地貌、水化学、水生生物以及湖泊资源开发利用等进行了系统的综合性或专题性调查;1980s 中后期以来,针对湖泊污染问题,又及时进行了全国主要湖泊富营养化和湖沼专项调查研究,取得了一系列重要成果[1-5].本文以我国第一次湖泊调查资料为基础,结合国家科技基础性工作专项资助开展的"全国湖泊水量、水质和生物资源调查"(第二次全国湖泊调查)已取得的阶段性成果,分析我国湖泊现状及近几十年来的变化,系统评估自然与人文因素双重作用下我国湖泊面临的重大问题,提出湖泊保护与可持续利用的策略和对策措施,为我国湖泊保护与可持续利用提供基础数据和科学指导.

1 中国湖泊现状:分布与变化

中国地域辽阔,地跨多个地貌阶地和气候带,塑就了我国湖泊区域分布总体格局和各种各样的湖泊类型.据最新全国大于 1km^{2}以上湖泊遥感普查数据显示,目前,中国(包括香港、澳门和台湾)共有 1.0km^{2}以上的自然湖泊 2693 个(不包括干盐湖),总面积 81414.6km^2,约占全国国土面积的 0.9%;其中大于 1000km^{2}的特大型湖泊有 10 个,分别为色林错、纳木错、青海湖、博斯腾湖、兴凯湖(中—俄界湖)、鄱阳湖、洞庭湖、太湖、洪泽湖、呼伦湖;面积在 1.0 - 10.0km^2、10.0 - 50.0km^2、50.0 - 100.0km^2、100.0 - 500.0km^{2}和 500.0 - 1000.0km^{2}的湖泊分别有 2000 个、456 个、101 个、109 个和 17 个(表 1).

表 1 中国面积大于 1km^{2}的湖泊数量和面积统计*

Tab.1 The number and area of the lakes with the area larger than 1km^2 in China

区域	>1000km^2	500 - 1000km^2	100 - 500km^2	50 - 100km^2	10 - 50km^2	1 - 10km^2	数量合计(个)	面积合计(km^2)
西藏自治区	2	5	50	57	185	534	833	28616.9
青海省	1	5	18	13	53	132	222	13214.9
内蒙古自治区	1	1	6	3	31	353	395	6151.2
新疆维吾尔自治区	1	3	7	5	24	68	108	6236.4
宁夏回族自治区					2	3	5	38.7
甘肃省					2	1	3	49.1
陕西省					1	1	2	44.2
山西省				1			1	70.3
云南省			3	2	6	20	31	1115.2
贵州省					1		1	24.3
四川省					1	32	33	100.7
黑龙江	1		3	4	35	200	243	3241.3
吉林省			2	1	18	160	181	1402.8
辽宁省				1			1	55.6
北京市						1	1	2.0
上海市				1	0	1	2	60.6
天津市					2	1	3	66.4
河南省					1	0	1	11.7
河北省					3	16	19	146.7
江西省	1		1	3	9	41	55	3882.7
安徽省		1	9	4	16	74	104	3426.1
湖南省	1			2	14	100	117	3355.0
湖北省			4	2	39	143	188	2527.2
山东省		1	1	0	0	7	9	1105.8
江苏省	2	1	5	2	12	77	99	6372.8
浙江省					1	31	32	80.2
广东省						1	1	5.5
台湾省						3	3	10.3
数量合计(个)	10	17	109	101	456	2000	2693	
面积合计(km^2)	22711.8	11807.6	22989.4	7243.6	10297.8	6364.4		81414.6

* 不包括干盐湖.

从空间分布来看，拥有面积 1km^{2}以上湖泊数量最多和面积最大的是青藏高原湖区，湖泊数量 1055 个，面积 41831.7km^2，分别占全国湖泊总数量和总面积的 39.2% 和 51.4%；其次是东部平原湖区，湖泊数量 634 个，面积 21053.1km^2，分别占全国湖泊总数量和总面积的 23.5% 和 25.9%；再次是蒙新高原湖区，湖泊数量 514 个，面积 12589.9km^2，分别占全国湖泊总数量和总面积的 19.1% 和 15.4%；第四是东北平原与山地湖区，湖泊数量 425 个，面积 4699.7km^2，分别占全国湖泊总数量和总面积的 15.8% 和 5.8%；最少的是云贵高原湖区，湖泊数量 65 个，面积 1240.3km^2，分别仅占全国湖泊总数量和总面积的 2.4% 和 1.5%. 其中，东部平原、云贵高原、东北平原与山地三大湖区属外流区，属亚洲季风湿润气候，湖泊大多为开放的淡水湖；青藏高原湖区和蒙新高原湖区基本属于内流区，属干旱半干旱气候，湖泊大多为封闭的咸水湖或盐湖.

与历史湖泊调查数据[1]相比，近 30 年来，全国新生面积在 1.0km^{2}以上的湖泊 60 个，主要位于冰川末梢、山间洼地、河谷湿地，集中在青藏高原和蒙新高原湖区；消失面积在 1.0km^{2}以上的湖泊 243 个，主要分布在蒙新高原湖区和东部平原湖区的长江中下游地区，其中 10.0km^{2}以下的湖泊 147 个，10.0－100.0km^{2}的 48 个，100.0－500.0km^{2}的 4 个（新疆的曲曲克苏湖、青格力克湖、加依多拜湖和乌尊布拉克湖），1000.0km^{2}以上的 1 个（新疆的罗布泊）. 因围垦而消失湖泊 102 个，约占消失湖泊总量的 42.0%，均分布在东部平原湖区，自然和人为影响干涸的湖泊 97 个，约占消失湖泊总量的 40%，主要分布在蒙新高原湖区.

2 中国湖泊面临的重大问题

2.1 湖泊围垦导致水量调蓄能力下降，加重流域洪水灾害

湖泊是淡水资源的重要储存器和调节器，在流域水资源供给和洪水调蓄方面发挥着不可替代的作用，尤其是在我国东部平原区，湖泊承担的供水和防洪功能在保障流域居民安居乐业方面的地位更是举足轻重. 然而，近几十年来，受人多地少和对湖泊功能认识不足等因素影响，导致湖泊被大量不合理围垦，造成湖泊面积急剧减少. 据不完全统计，1940s 末以来，长江大通以上中下游地区有 1/3 以上的湖泊面积被围垦，围垦总面积超过 13000km^2，这一数字约相当于目前五大淡水湖面积总和的 1.3 倍，因围垦而消亡的湖泊达 1000 余个[6]（图 1）. 太湖流域已建圩湖泊达 498 个，受围垦的湖泊 239 个，减少湖泊面积约 529km^2；因围垦而消亡湖泊 165 个，占该区原有湖泊数量的 23.3%[7]. 大通水文站以上长江中游地区的湖泊面积由 1950s 初的 17198km^2，减少到现不足 6600km^2，约 2/3 的湖泊因围垦而消失，其中，洞庭湖因围垦，湖泊面积已由建国初期的 4350km^{2}急剧缩小至 2625km^2；鄱阳湖面积也由 1949 年的 5200km^{2}减少到目前的 2933km^2. 号称“千湖之省”的湖北省，在 1950s 末计有湖泊 1066 个，至 1980s 初剩约 309 个，目前面积大于 1km^{2}湖泊仅剩 181 个，大于 10km^{2}的湖泊仅剩 44 个（不包括长江干流人工改道形成的水域）[8].

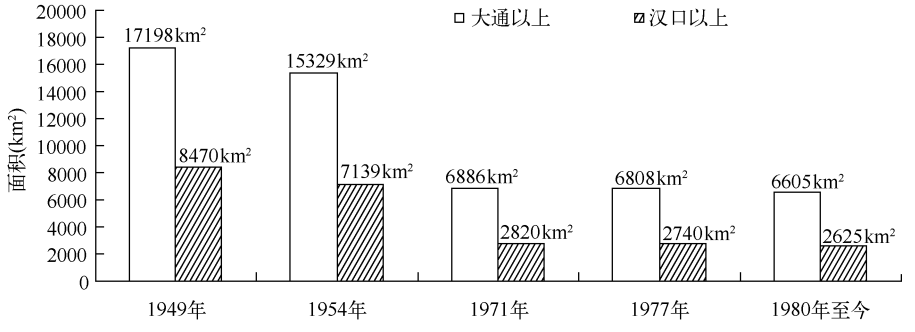


图 1 长江中游地区 1949 年以来湖泊面积变化

Fig. 1 Area changes of the lakes in the middle reaches of Yangtze River since 1949

大规模围垦不仅使湖泊面积锐减，同时也使湖泊蓄水容积大幅减少. 初步调查表明，1950s 初以来，长江中下游地区因围垦减少湖泊容积超过 500×10^8m^3，相当于淮河多年平均年径流量的 1.1 倍，五大淡水湖泊蓄水总量的 1.3 倍[8].

湖泊调蓄容积的减少,直接导致湖泊洪水调蓄功能下降,在相当程度上引发了江湖洪水位的不断升高,最高洪水位被不断突破. 如太湖最高洪水位 1954 年为 4.65m,1991 年为 4.79m,1999 年抬高至 5.07m[9]. 鄱阳湖多年平均最高洪水位 1950s 为 18.51m,1970s 为 18.93m,1990s 跃升至 20.10m,达到或超过警戒水位 19m 的出现频率,1950s 为 35%,1980s 为 40.6%,1990s 更进一步上升至 55%[10]. 洞庭湖区 1998 年,湖口城陵矶站最高洪水位分别比 1954 年、1996 年高出 1.39m 和 0.63m,达到历史最高记录. 1998 年仅湖南、湖北和江西三省的直接经济损失就达 1090×10^8 元,其中湖南省 329×10^8 元,湖北省 384×10^8 元,江西省 377×10^8 元,洪涝灾害危害程度不断加大[11].

2.2 入湖污染物大量增加,湖泊水环境质量不断下降

随着湖泊流域和周边地区人口增长和经济快速发展,导致进入湖泊 TN,TP 和 COD_{Mn} 等污染物增加,湖泊水环境污染不断加重,尤其是在我国东部平原湖区,入湖污染物增加引起湖泊水环境质量急剧下降. 根据 2001－2002 水文年 115 条环太湖河道同步水文监测资料与 1987－1988 水文年资料对比,入湖污染物除 TP 略有减少外,COD_{Mn},TN 等主要污染物均明显增加,COD_{Mn} 由 32350t/a 增加到 37579t/a;TN 由 20241t/a 增加到 28658t/a;NH_4^+-N 由 5363t/a 增加到 12432t/a[12];另据江苏省水文水资源勘测局监测,2007 年江苏省环太湖 TP,TN 和 NH_4^+-N 入湖量分别达 1862t,35100t 和 18300t[13]. 入湖污染物量的持续增加导致太湖营养盐(TN、TP)浓度不断升高[14],水质不断下降. 据调查,1980s 前期太湖仍以Ⅱ至Ⅲ类水为主,处于尚清洁状态,后期以Ⅲ类水为主,呈现一定的污染趋势;到 1990s 中期以Ⅲ至Ⅳ类水为主,属轻度污染,局部Ⅴ类水;后期以Ⅳ至Ⅴ类水为主,局部已劣于Ⅴ类水;2000 年后,全太湖水体以Ⅴ类水为主,属重污染,其中太湖西岸地区、梅梁湾、竺山湾水质较差,已劣于Ⅴ类水[14-16]. 2007 年梅梁湾藻类水华大规模爆发及污水团事件,引起了国家和全社会对太湖水环境的高度重视[17].

受入湖污染物快速增加的影响,鄱阳湖水质总体也呈下降趋势. 1980s 鄱阳湖水质以Ⅰ、Ⅱ类为主,Ⅰ、Ⅱ类水体平均占比达 85% 以上,Ⅲ类水体占比不足 15%;至 1990s,Ⅰ、Ⅱ类水体占比平均下降到 70%,Ⅲ类水体平均占 30%;进入 21 世纪,特别是 2003 年以来,Ⅰ、Ⅱ类水体平均只占 50%,Ⅲ类水体平均占 32%,并出现 18% 左右的劣Ⅲ类水体,主要超标项目为 TN、TP[18]. 近几年以来,鄱阳湖 TN、TP 污染水平虽总体较太湖、巢湖等湖泊轻,但已有部分湖区(如莲湖、康山断面)的 TN 浓度接近巢湖 2007 年平均水平,TP 浓度接近太湖 2007 年平均水平,如 2006 年,鄱阳湖全湖平均 TN 与 TP 浓度分别高达 1.59mg/L 和0.073mg/L(图 3).

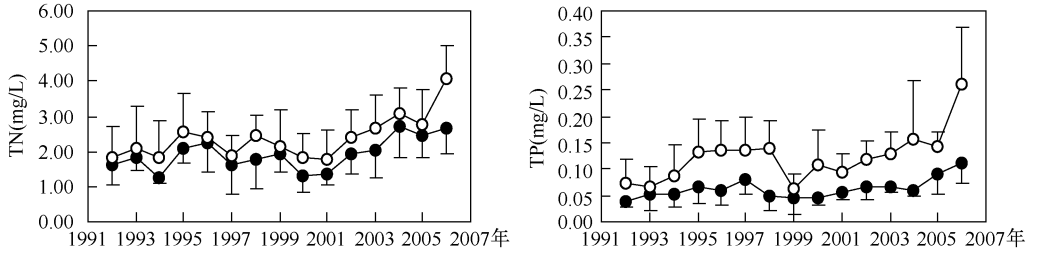


图 2 太湖 1990－2007 年水体 TN、TP 浓度变化(据文献[14])

Fig. 2 Variations of TN, TP in waters of Lake Taihu during 1990－2007[14]

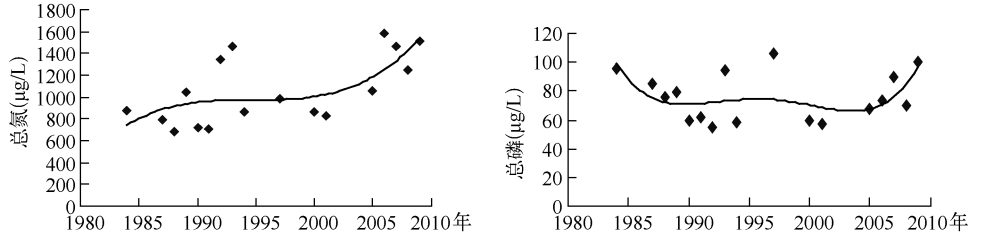


图 3 鄱阳湖 1980－2009 年水体 TN、TP 浓度变化

Fig. 3 Variations of TN, TP in waters of Lake Poyang during 1980－2009

云贵高原湖区湖泊水环境质量下降趋势也十分明显，2008 年调查数据与历史[1]相比，1998－2008 年 20 年间，滇池 TN 和 TP 浓度分别升高 75% 和 78%，分别达 2.57mg/L 和 0.193mg/L；星云湖 TN 和 TP 浓度分别升高了 1.6 倍和 3.5 倍，其他湖泊 TN、TP 浓度也有不同程度增加. 由于营养盐含量的增加，浮游藻类数量明显增多，导致水体透明度下降；云贵高原 13 个湖泊中，抚仙湖、星云湖、阳宗海、异龙湖、洱海、程海和邛海透明度下降显著，下降幅度从 40% 到 70%，其中程海最为明显，透明度下降了 70%.

湖泊水体 TN、TP 等污染物浓度增加，导致湖泊水体富营养化不断加重，据 2007－2010 年对东部平原湖区、东北平原与山地湖区和云贵高原湖区 138 个面积大于 10km^2 湖泊水质调查，采用 TN、TP、Chl. a、SD、SS 和 COD_{Mn} 6 个水化学指标进行评价的湖泊营养指数（*TSI*）显示，138 个湖泊中有 85.4% 的湖泊超过了富营养化标准，其中达到重富营养化标准的占 40.1%，而全湖全年均为贫营养水平的仅泸沽湖一个，部分湖泊在部分湖区（部分季节）存在贫营养状态，但全湖平均也大都为中营养水平，如云南抚仙湖、江西军山湖等，中营养和贫营养湖泊总计仅为 14.6%. 其中，东北平原与山地湖区湖泊富营养化比例最高，达 96.0%，其次是东部平原湖区的长江中下游地区，为 85.9%，云贵高原湖区最低，为 61.5%（图 4）. 我国五大淡水湖（鄱阳湖、洞庭湖、太湖、洪泽湖和巢湖），其水环境质量都不容乐观，除洞庭湖目前尚处于中营养水平外，其余四大淡水湖，整体上已经处于富营养化水平（图 4a）.

2.3 湖泊生物资源退化，生物多样性下降

近几十年来，我国湖泊生态总体处于不断退化状态，集中表现为鱼类资源种类减少、数量大幅下降，生物多样性不断降低，高等水生维管束植物与底栖生物分布范围缩小，而浮游植物（藻类）等大量繁殖并不断集聚形成生态灾害.

在我国东部平原湖区，湖泊生态退化的最主要原因是人类活动引起的湖泊水质下降和水体过度利用等，其中湖泊过度围网和围堤养殖活动是重要方面之一，尤其是长江中游地区湖泊，如长湖、大冶湖、斧头湖等中小型湖泊以及一些大型湖泊湖湾，几乎全湖被围网割裂. 东太湖，1990 年网围养殖范围仅占湖泊水面的 9.5% 左右，至 2003 年养殖水面已超过湖泊水面的 81.2%[18]. 不合理湖泊过度养殖，大量消耗水生植物，造成湖泊湿地水生植被的消失，而且为了获取最大的经济效益，普遍向湖泊投放过量鱼类饵料，有的甚至直接向湖中投放化肥，加剧湖泊富营养化程度的同时，也直接造成湖泊生态系统破坏. 据调查数据对比分析[7]，作为我国第三大淡水湖的太湖，鱼类资源种类由 1960s 的 106 种下降到目前 60－70 种，洄游性鱼类几乎绝迹；底栖动物中螺、蚌等大型软体动物减少，耐污染水蚯蚓、水生昆虫幼体增加；浮游动物中大型的枝角类、桡足类种群、数量减少，而小型的轮虫、原生动物数量大幅增加；水生高等植物分布范围大幅度缩减，1960s 以来分布面积减少了 126km^2，而且群落组成趋于简单，沿湖岸大型挺水植物几近消失. 我国第二大淡水湖洞庭湖，1950s 捕捞的经济鱼类有 100 多种，产量达到 4×10^4t，到 1990s 能捕捞到的天然鱼类降低为 70 种，天然捕捞量降低到不足 1.3×10^4t[19].

随着富营养化的日益加剧，云贵高原湖泊的生物多样性也受到重大影响，生物组成结构发生了很大变化，高等水生植物种类减少，其中敏感种消失，耐污种数量增多，水生生物种类、群落类型及分布区域与历史资料相比下降显著. 沉水植物种类减少，分布范围缩小，例如滇池，1950s 沉水植物有 42 种，1980s 下降到 13 种，1990s 有 12 种[20]，本次调查只有 8 种. 水生浮游藻类种类减少，但是生物量快速增加，许多湖泊蓝藻的优势度已经超过 90%，其中滇池、星云湖和杞麓湖都出现大面积蓝藻水华. 鱼类结构也发生很大变化，1997 年，云南鱼类种数达 432 种，其中土著鱼类超过 400 种，占全国淡水鱼类种数的 42.2%[21]，和历史资料相比[22]，各湖泊的土著鱼类种类下降幅度均较大，其中滇池下降幅度最大，达到 96.0%，抚仙湖下降幅度最小，也达到 60.0%，外来鱼种已经成为各湖泊鱼类资源的主体，滇池原有土著鱼类 24 种，现在湖区仅有 4 种，本次调查仅获得 1 种，其它 20 种鱼已多年未采到标本，有的种类可能已经消失，有的种类正在消亡之中.

我国西部地区湖泊，由于气候变化和人为因素共同作用，导致湖泊水位下降、水体盐碱化、富营养化加重，同样也面临生态退化和渔业资源减少问题. 如蒙新高原湖区的呼伦湖，浮游植物种类已由 1988 年调查的 181 种属减少到目前的 142 种属；浮游动物生物量由 1998 年 4.1mg/L 下降到目前的 1.7mg/L；底栖动物生物量由 1988 年 0.408mg/m^2 下降到目前的 0.339mg/m^2，并已经出现耐低盐种

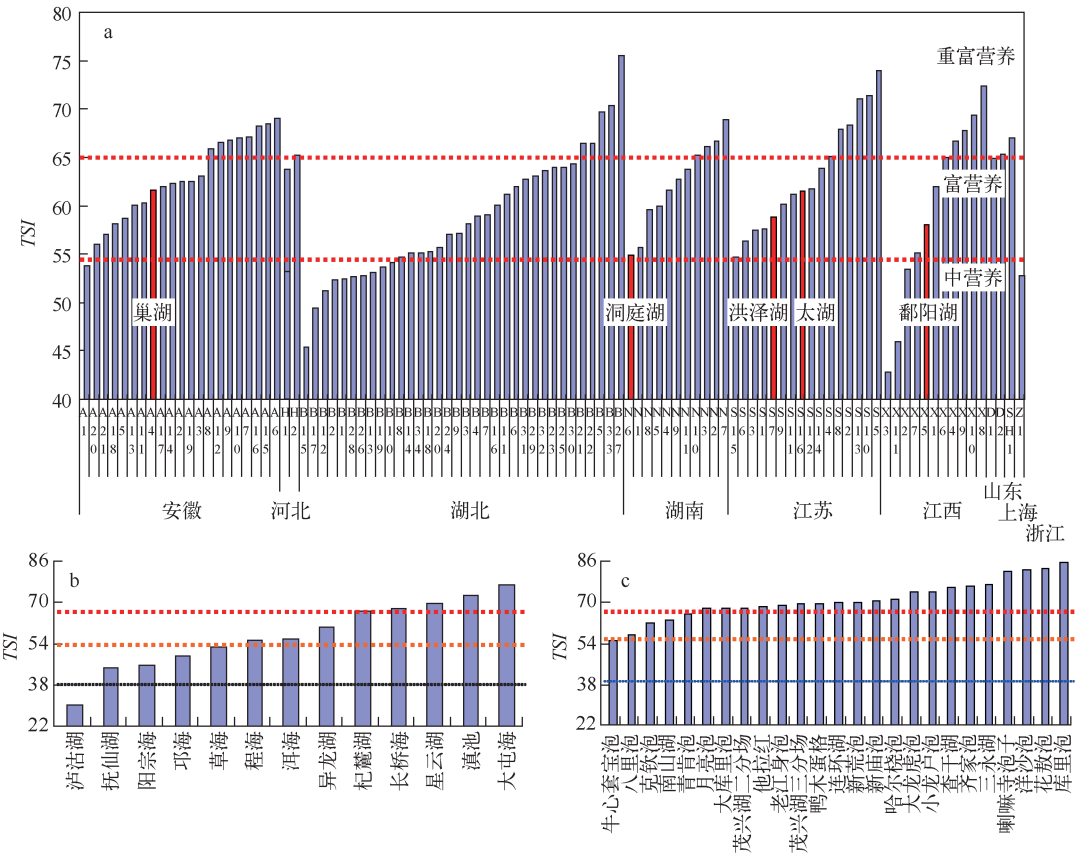


图 4 东部平原湖区(a)、云贵高原湖区(b)和东北平原与山地湖区(c)主要湖泊富营养化指数

(白荡湖,A1;泊湖,A2;菜子湖,A3;巢湖,A4;城东湖,A5;城西湖,A6;高塘湖,A7;花园湖,A8;黄大湖,A9;焦岗湖,A10;南漪湖,A11;女山湖,A12;破罡湖,A13;升金湖,A14;天井湖,A15;沱湖,A16;瓦埠湖,A17;武昌湖,A18;香涧湖,A19;沂湖,A20;龙感湖,A21;保安湖,B1;豹解湖,B2;策湖,B3;长湖,B4;赤东湖,B5;崇湖,B6;大冶湖,B7;东西汊湖,B8;斧头湖,B9;海口湖,B10;汉阳东湖,B11;汉阳西湖,B12;洪湖,B13;花马湖,B14;梁子湖,B15;鲁湖,B16;牛浪湖,B17;三山湖,B18;上津湖,B19;上涉湖,B20;太白湖,B21;汤逊湖,B22;童家湖,B23;网湖,B24;武昌东湖,B25;武湖,B26;武山湖,B27;西凉湖,B28;严西湖,B29;野潴湖,B30;淤泥湖,B31;涨渡湖,B32;钟祥南湖,B33;朱婆湖,B34;东平湖,D1;南四湖,D2;白洋淀,H1;衡水湖,H2;白马湖,S1;澄湖,S2;大纵湖,S3;高邮湖,S4;滆湖,S5;固城湖,S6;洪泽湖,S7;昆承湖,S8;骆马湖,S9;三汊,S10;邵伯湖,S11;石臼湖,S12;洮湖,S13;阳澄湖,S14;元荡湖,S15;太湖,S16;安乐湖,N1;芭蕉湖,N2;北民湖,N3;大通东湖,N4;大通湖,N5;洞庭湖,N6;黄盖湖,N7;柳叶湖,N8;毛里湖,N9;珊珀湖,N10;岳阳南湖,N11;淀山湖,SH1;陈家湖,X1;赤湖,X2;军山湖,X3;南北湖,X4;鄱阳湖,X5;七里湖,X6;赛城湖,X7;太泊湖,X8;新妙湖,X9;瑶湖,X10;珠湖,X11;东钱湖,Z1)

Fig. 4 *TSI*s of main lakes in the eastern(a), southwestern (b) and northeastern (c) China

类. 与此同时,野生鱼类数量和质量也明显下降,1960s 大中型经济鱼类(如鲤、鲫、鲌、鲶)占鱼类资源量达 80% 左右,水生生态群落结构稳定,至 1980s 中期,湖泊大中型经济鱼类产量只占 20%－30%,进入 1990s 大中型经济鱼类产量已不足 10%,2003 年大中型经济鱼类(鲤、鲫)仅占全年渔获物的 2.4%;不少特有渔业资源濒临枯竭,红鳍鲌、细鳞鱼、哲罗鱼已近绝迹[23]. 又如位于蒙新高原的艾比湖,湖泊萎缩使湖滨天然灌木林由 1950s 的 4837.2hm^2 减少到 1980s 的 1903.9hm^2,芦苇从 4703.9hm^2 减少到 1437.2hm^2,次生胡杨林也减少了 30%;博斯腾湖原来具有丰富的芦苇植被资源,1959 年航测资料统计,芦苇面积 5.58×10^{4}hm^2,蕴藏量约 405.58×10^{4}t,位居全国四大湖苇区储量之首,由于湖泊萎缩、水位下降,芦苇

大面积衰败，1993 年芦苇面积仅剩 $2.77\times10^4 hm^2$，蕴藏量约$265.58\times10^4 t$，近十多年来，湖泊面积和芦苇产量均呈波动萎缩状态[1].

2.4 西部地区湖泊总体呈萎缩消亡态势，水量减少、水质持续恶化

近几十年来，受气候变化周期性和冰川快速消融等要素的影响，我国西部地区湖泊水量和面积呈现明显的波动变化，不同时段萎缩与扩张交替变化，但总体呈现萎缩态势，不少湖泊甚至干涸消失. 青海湖是我国最大的湖泊，近 50 年来，湖泊水位整体呈下降趋势，其中，1961 - 2002 年间累计水位下降了 3.23m[24]；1998 年水面面积比 1989 年减少了 $90km^2$[25]；2005 - 2009 年，受流域降水增加影响，青海湖水位连续 5 年回升，面积有所扩大[26]. 据近 30 年青藏高原三江源地区 24 个主要湖泊遥感调查数据分析表明[27]，三江源地区主要湖泊近 30 年大部分经历了从萎缩到扩张的波动变化过程，2004 年以前大部分湖泊表现为萎缩，2004 年以来表现为缓慢扩张，总体上都以萎缩为主，1975 - 2006 年期间湖泊面积减少了 $65.8km^2$，约占三江源地区调查湖泊总面积的 3%. 调查结果显示，近 50 年来，我国西部青藏高原和蒙新高原两大湖区消失湖泊数量达 126 个，消失湖泊面积超过 $7378.4km^2$（表 2）. 如青藏高原湖区米提江占木错，面积约 $600km^2$，已解体萎缩成 4 个串珠状湖泊；乌兰乌拉湖也已分离为 5 个小湖泊，并发育了多级湖滨阶地；苟仁错在 1960s 为咸水湖，到 1980s 发展成盐湖，面积仍有 $23.5km^2$，现已近干涸；雀莫错近 50 年来面积减少了近 1/2[28]. 新疆罗布泊，历史最大面积达 $5200km^2$，1931 年湖泊面积还有 $1900km^2$，1962 年仍然有 $660km^2$，至 1970s 初则完全消亡，成为广袤的干盐滩. 位于吐鲁番盆地的艾丁湖，1950s 湖泊面积有 $124km^2$，至 1980s 中后期只有 $5km^2$，1990s 中期则完全干涸. 玛纳斯湖，1957 年湖泊面积约 $550km^2$，至 1960s 后期干涸. 内蒙古居延海，主要依靠祁连山区的降水和冰雪融水补给，湖泊面积最盛时曾达 $2600km^2$，至 1958 年，东、西居延海有面积 $302km^2$，湖泊蓄水量 $6.1\times10^8 m^3$，后由于入湖河流断流现象日趋严重，无水量补给，导致东、西居延海分别于 1963 年和 1961 年相继干涸，后虽入湖河流补给条件偶有改善，但萎缩干涸趋势明显[29]. 岱海 1960s 末以来水位持续下降，1970 - 1995 年的 25 年中下降 3.85m，湖泊面积也由 $160km^2$ 缩小到 $109km^2$[30].

表 2 近 50 年来我国西部地区干涸消失的面积大于 $1km^2$ 湖泊统计*

Tab. 2 Statistics of dry disappeared lakes($>1km^2$) in the western China during the past 50a

统计项目	青海、西藏	新疆	内蒙古	合计
数量（个）	5	62	59	126
面积（km^2）	10	6952.8	415.6	7378.4

* 消失湖泊数量为第二次湖泊调查数据与文献[1]比较统计获得；面积数据由于西藏消失的盐湖和日阿只错没有数据，青海、西藏消失面积为估计数.

湖泊萎缩，导致湖泊面积减小、湖水咸化和碱化、湖泊滩地沙化现象更为普遍和严重. 位于蒙新高原湖区博斯腾湖，原是蒙新高原上面积最大的淡水湖泊，湖泊水位由 1956 年的 1048.34m 下降到 1988 年的 1045.21m，32 年中湖水位下降了 3.13m，湖水矿化度由 0.38g/L 增加到 1.87g/L，从新疆最大的淡水湖变为微咸水湖. 艾比湖，1950 年湖泊面积 $1070km^2$，1987 年缩小至 $500km^2$，湖泊蓄水量也从 $30.0\times10^8 m^3$ 下降到约 $7.0\times10^8 m^3$，湖水矿化度升高至 116g/L[29]. 内蒙古呼伦湖，原是我国北方地区最大的淡水湖，面积达 $2339km^2$，蓄水量 $138.5\times10^8 m^3$，是呼伦贝尔草原生态系统的重要支撑，也是国际重要湿地，近十多年来，湖泊水位下降，湖泊面积和蓄水量急剧减少，2010 年湖泊面积仅 $1722km^2$，蓄水量 $58.5\times10^8 m^3$，1960s 以来，湖水 pH 值由 8.5 上升到 9.1，湖水盐度由 0.77‰上升到 2.5‰，碱度由 2.28mg/L 上升到 22.6mg/L[28]. 根据 2008 年调查数据与前期研究资料对比[1,31-33]，随着湖泊萎缩，蒙新高原湖区湖泊整体上呈逐渐咸化的趋势，乌伦古湖从 1950s 到 1980s 末，矿化度一直在较高水平，1988 年由于引额济海渠的开通，增加了乌伦古湖的入水量，虽使湖水矿化度较一度降低至 2.14g/L，之后矿化度又逐渐增大至 2008 年的 2.67g/L；吉力湖在 1990s 以前矿化度一直维持在 0.5g/L 左右，1990s 末，由于入湖水量急剧减少，矿化度迅速升高至 2008 年的 1.07g/L；岱海在 1990s 以前湖水矿化度增长相对缓慢，1962 - 1989 年间增长了 1.05g/L，之后快速升高，1990 - 2008 年间增长了 2.31g/L；艾比湖矿化度一直不断上升，从 1950s 的 70g/L 上升到 2000s 的 120g/L，平均每年上升 1.104g/L[34]，近几年来迅速增大到 151.8g/L；呼伦湖 1970s 前矿化度为 0.77 - 0.99g/L，1988

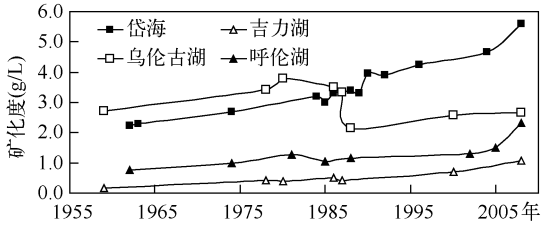


图5 近50年来蒙新高原湖区典型湖泊水体矿化度变化

Fig. 5 The water TDS variations of the typical lakes in Inner Mongolia-Xinjiang Plateall during the past 50a

年为1.15g/L,2002年猛增为1.47g/L,至2008年已迅速增加到2.32g/L(图5).

湖泊萎缩,不仅导致周边绿洲沙化严重,而且干涸湖底沉积物直接成为沙尘暴的物质来源,将对周边区域生态产生灾难性影响. 如新疆艾比湖,环湖周边地区1958年的沙漠面积为1618.8km^2,到1978年增至2415.6km^2. 艾丁湖,1930s以来土地沙化数百hm^2,流沙掩埋了大片农田和不少村庄. 罗布泊、台特玛湖干涸直接成为盐碱沙地,使塔克拉玛干沙漠向东扩展,与库姆塔格沙漠连接成一片,造成严重的环境灾害[29].

2.5 湖泊与江河水力联系阻隔,生态功能退化

除西部内陆流域一些封闭型湖泊外,我国大部分湖泊都与流域江湖有着自然的水力联系,河川径流不断补给湖泊,在维持湖泊正常水位和水量的同时,也为河湖水生生物繁衍提供了洄游通道,尤其是我国东部长江中下游平原湖泊,长江与两岸的湖群构成了独特的江湖复合生态系统,在维系江湖水生生态系统稳定和生物多样性等方面发挥着重要作用. 近几十年来,受人类防洪蓄水工程建设和湖泊围垦利用等因素影响,湖泊与江湖自然水力联系被大坝或涵闸阻断,一些洄游性物种濒危或消失,水生生物多样性下降,湖泊环境净化与水量调节等生态服务功能不断退化.

长江中下游是我国湖泊分布最密集的区域之一,尤其是大型浅水湖泊广布,历史上,这些湖泊大多与长江自然连通,发挥着正常的洪水调蓄和生物多样性维持等生态功能. 随着湖泊泥沙淤积或沼泽化发展,一些湖泊与长江联系减弱,但丰水期仍然保持自然相通,1950s以来,人为修闸建堤等水利工程建设和围垦活动加剧,使得长江中下游绝大多数湖泊成为阻隔湖泊,目前仅有洞庭湖、鄱阳湖和石臼湖三个湖泊自然通江(表3).

表3 长江中下游部分面积大于10km^{2}湖泊阻隔状况[1]

Tab. 3 Isolated status of some lakes(>10km^2) in the middle and lower reaches of Yangtze River

湖泊名称	阻隔时间	阻隔原因	湖泊名称	阻隔时间	阻隔原因
东　湖	1930年	围垦	网　湖	1975年	建堤
采桑湖	1958年	围垦与建堤	赤　湖	1963年	建堤
太白湖	1742年	建堤	赛　湖	1983年	建堤
大通湖	1951年	建堤与围垦	军山湖		建闸
黄盖湖	1959年	建堤	武昌湖	1959年	建闸
洪　湖	1955年	建堤	黄大湖	1950s后期	建闸
西凉湖	1935年	建闸	升金湖	1962年	建闸
梁子湖	1956年	建闸	菜子湖		建闸
涨渡湖	1964年	建闸	巢　湖		建闸
大冶湖	1970年	建闸	固城湖		建闸

江湖阻隔,导致湖泊急剧萎缩,据调查,1950s末以来,长江中游地区江湖阻隔加速,围垦和淤积而消失的湖泊就达97个,损失湖泊面积超过542km^2. 湖泊水面萎缩损失面积更大,大部分湖泊面积萎缩率超过30%,有些湖泊甚至达70%以上,江汉湖群面积由1950s的8303.7km^{2}下降到1990s的3210.2km^2,约减少了62.2%,蓄洪能力下降了80%①.

① 长江水利委员会长江科学院、中国科学院测量与地球物理研究所、中国水产科学研究院长江水产研究所,长江中游江湖联系综合评价及闸口生态调度对策总报告,2006.

江湖阻隔，江湖间水生生物联系被人为阻断，导致湖泊鱼类、水生植物及底栖动物种类和数量明显减少，一些珍稀濒危水生物种和多种江湖洄游性鱼类趋于消失. 尤其是江湖阻隔导致鱼类“三场一道”（产卵场、育肥场、索饵场和洄游通道）丧失，许多江湖（海）洄游性水生动物从原有分布的湖区消失而日益濒危，甚至绝迹，如白鲟、鲥鱼、中华鲟、暗色东方鲀、大银鱼、胭脂鱼、鳗鲡等；一些江湖洄游性鱼类数量急剧下降[35]（表4）. 如洪湖，江湖阻隔破坏了洄游性鱼类的繁衍生境，造成江河洄游性、半洄游性鱼类无法洄游到洪湖进行栖息繁殖，加上酷渔滥捕和有害鱼具鱼法的使用等，对鱼类物种多样性造成了毁灭性的破坏，使得鱼类种群结构趋于单一化，产量显著下降. 1980s－1990s 洪湖鱼类已从 74 种减少到 57 种，天然鱼类产量从 1000t/a 减少到 800t/a，并且大型经济鱼类愈来愈少.

表 4 通江湖泊和阻隔湖泊中鱼类物种多样性的对比*

Tab. 4 Comparison of fish diversity between river-connected and river-isolated lakes in the Yangtze River basin

	西洞庭湖	黄盖湖	涨渡湖	西凉湖	斧头湖	赤湖
阻隔时间	—	1959	1960s	1935	1935	1960s
现有水面（km^2）	300	78	37	81	113	53
通江情况	通江	半阻隔	阻隔，偶有通江	阻隔、洪水通江	阻隔、洪水通江	阻隔、偶有通江
1950s 鱼类种数	114	101	80	90	90	85
1980s 鱼类种数	110	83	63	63	67	66
2001－2002 年调查种数*	94	73	46	40	48	47

* 资料来源：胡慧建，长江中游通江湖泊阻隔对鱼类多样性的生态影响，北京大学生命科学学院博士后研究报告，2003（转自文献[35]）.

长江中下游湖泊湿地是 350 多种鸟类、600 多种水生和湿生植物和 400 多种鱼类的水生动物以及麋鹿等珍稀物种栖息地，这些物种的生存大都依赖于湖泊湿地系统结构的完整性. 江湖阻隔，导致湖泊湿地水文情势变化，湖泊涨落区、浅滩等多种类型湿地丧失，生境单一化，湿地生态和野生生物生境遭受破坏，许多野生生物物种和数量均在减少，一些我国特有或主要分布于我国的种类现已濒临灭绝而被列入国家一、二级保护动物. 而且由于湖泊失去了与长江的天然水力联系，湖泊换水周期延长，湖泊湿地对污染物的净化和水体自净能力下降，加重湖泊水质恶化和富营养化趋势，造成蓝藻水华暴发潜在危害.

2.6 湖泊沿岸带大规模开发，加大湖泊生态与环境保护压力

湖泊作为与人类生存与发展息息相关的重要资源，不仅具有供水、防洪和提供各种水产品等重要生产与调节服务功能，而且还具有景观旅游等重要文化服务功能，自古以来，湖泊周边地区就一直成为人口和经济集聚区域. 近 20－30 年来，随着经济发展和居民生活水平的提高，各地纷纷掀起了更大规模的沿湖开发热潮，从旅游度假区建设，到沿湖各类房地产开发、滨湖新城开发，开发强度和规模不断增加.

1990s 以来，在浦东开放开发政策引领下，各地在大量设立各类高新技术开发区、经济技术开发区的同时，也充分利用山水资源设立不同类别的旅游度假区，如环太湖就建有苏州、无锡两个太湖国家级旅游度假区以及湖州太湖旅游度假区，淀山湖、阳澄湖旅游度假区等. 随着沿湖岸线开发规模扩大和房地产热持续升温，全国沿湖岸线不合理和无序占用问题日益突出，不仅破坏了不同类型湖泊独具特色的景观资源，而且还导致湖滨自然湿地与生态退化，增加入湖污染物总量.

近年来，沿湖周边地区滨湖新城建设规模和强度不断加大. 一些小型湖泊大量变为城市湖泊，原先的天然湖泊转变为人工控制湖泊，自然生态退化、水质持续变差，大多靠常年换水维持湖泊景观水质. 一些大型湖泊临湖开发强度持续增加，如鄱阳湖环湖生态经济区建设、无锡太湖新城、苏州滨湖新城、合肥巢湖新城、昆明滇池新城开发等，开发面积少则 $10km^2$，多则逾 $100km^2$ 甚至更大. 这些滨湖新城建设，虽均规划为生态优先，重点发展污染相对较小的高新技术产业以及三产服务业，但大规模开发带来生态和环境干扰，无疑将进一步加重多数湖泊业已出现的富营养化和生态退化问题，若不控制在合理的开发限度内，湖泊有限的生态承载力与环境容量也将难以承受.

3 中国湖泊保护策略

3.1 制定我国湖泊保护的总体框架,明确重要湖泊的功能定位,分类型、分层次进行保护

湖泊具有供水、防洪、旅游、调节气候、净化环境、维护生态与生物多样性以及提供水产品等多种生态服务价值,不同湖泊所处的流域自然环境和社会经济背景不同,其应保护和维持的主导生态功能也不尽相同.如青藏高原湖区大多数湖泊的主导生态功能是保持生态和维护生物多样性,兼具旅游和供水等辅助功能;而东部平原湖区大多数湖泊的主导生态功能是供水、防洪和提供水产品,兼具旅游、净化环境、维持生态和维护生物多样性等辅助功能.而且即使在同一湖区,不同湖泊承担的主导功能以及各主导功能的重要性位序也会有较大差异,有些湖泊第一主导功能是防洪,而另外一些第一主导功能是供水,有些第一主导功能则是旅游.采取相同的管理思路和管理模式,将难以适应不同区域或不同类型湖泊千差万别的特点和开发保护需求.

根据不同类型湖泊所处区域的自然环境特点和社会经济状况以及主导功能和辅助功能,制定我国湖泊保护的总体框架和目标,明确不同类型、不同区域湖泊保护的重点和路径;在此基础上,分别确定重要湖泊的功能定位、保护目标、保护对象和保护范围,合理划分重要功能保护区、缓冲区、开发利用区等,分类型、分层次对重要湖泊进行有效保护,规范和引导资源的可持续利用,强化维护和提升湖泊的主导功能.同时,针对不同湖泊面临的生态与环境问题,清理和整治各种与功能定位不相符合的不合理的开发与占用行为,对遭受破坏的功能进行逐步修复,恢复湖泊生态功能的完整性和系统健康.

3.2 实施湖泊-流域综合管理,规范湖泊和环湖岸带的开发方向和强度,保障湖泊可持续利用

湖泊开发容量和环境承载能力十分有限,从湖泊中过度取水、湖泊水面过度养殖、湖滨湿地盲目围垦、湖岸线大量占用、湖泊周边地带开发强度过大等,均是造成湖泊出现不同程度生态与环境问题的直接原因.根据湖泊生态健康的要求,科学确定湖泊生态需水、合理控制湖泊养殖规模,切实保护湖滨湿地,限制湖泊渔业资源滥捕滥捞,并采取必要的退渔还湖、退田还湖措施,将湖泊开发利用强度限制或恢复到湖泊可承载的范围之内;依据湖泊生态环境状况和承载能力,合理划定环湖岸带生态保护区和缓冲区范围,规范环湖生态保护和缓冲区开发方向和强度,使不同类型湖泊在提供其资源功能满足人类生产生活需求的同时,能维持自身生态系统的良性循环,保障可持续利用.

流域是湖泊的"源",湖泊是流域的"汇",湖泊水、沙及各种营养物和污染物均来源于流域,保持湖泊正常水量平衡、减缓湖泊淤积萎缩、控制入湖污染物总量和维持湖泊健康生态系统等均离不开流域的有序和合理开发.特别是大型湖泊,必须实行湖泊-流域综合管理,将湖泊、湖滨带和湖岸线、入湖河流及其流域作为不可分割的有机整体,成立跨部门、跨行政区的流域综合管理机构,制定流域统一规划和保护行动计划,强化流域开发战略环境影响评价和管理法规条例的制定与完善,统筹流域生产生活用水、河道与湖泊生态需水.同时,根据湖泊生态功能定位和分区,结合自然环境特点和开发利用需求,进一步划定重要湖泊流域的生态-经济功能分区,有效协调各利益相关方,提出不同生态-经济分区开发管制方向和强度要求,实施生态补偿制度,实行有效的空间开发管制,确保湖泊功能定位和分区保护目标的实现.

3.3 控制入湖污染物总量和湖泊内源污染,强化湖泊水环境治理与生态修复,切实改善湖泊水环境与水生态

水体污染加重,富营养化趋势明显,水环境质量不断下降,是我国不同地区湖泊不同程度都面临的问题,尤其是东部平原湖区和云贵高原湖区,问题最为突出.规范流域开发秩序,优化流域产业结构,大力实施清洁生产和污染物减排,从源头控制污染物排放总量和入湖污染负荷;加大流域生产生活污水集中处理力度,努力保护和恢复建设田间沟渠、河道漫滩与河口湿地,增强流域水污染净化能力,减少入湖污染物通量;适度开展底泥清淤、湖滨带水生植物收割、水草和蓝藻打捞、最大限度减少养殖饵料投放,有效减轻湖泊内源污染.

实施退渔还湖和环湖岸带环境综合整治,清理各种湖泊湿地和湖岸线不合理占用,着力恢复和建设湖滨湿地,一方面减少入湖污染物,另一方面增加污染物自然削减和净化能力.针对不同湖泊污染程度和生态系统受损状况,采取自然保育和人工干预相结合,以改善生境条件为前提,以恢复挺水、浮叶和沉水植物为切入,以调整受损生态系统结构为手段,以生态系统健康为目标,大力实施湖泊生态修复,还湖泊洁净的水

质和优良的生态.

3.4 优化河湖格局和功能，实施河湖连通，恢复湖泊多样化的重要服务功能，维护湖泊生命健康

针对影响水与生态安全的不同类型河湖格局紊乱与功能受损问题，从湖泊流域整体出发，建立河湖功能定位系统和综合管理体系，厘清不同级别河流之间的水力联系和功能定位，明确清水走廊和尾水通道，改善水和物质的循环过程与流向，保障河流水流通畅，并改善湖泊水动力条件，以增强水体自净能力和水环境容量.

千百年来，湖泊的生命力来自于其与河流、湿地和地下含水层等之间的“血脉”相通与有机联系，发挥着提供水产品与水资源、调节洪水与生态等重要服务功能. 兴修防洪和水资源利用工程和湖滩湿地大面积围垦等人为造成河湖格局改变和水力阻隔，虽为局域水位控制、滩地利用和湖泊养殖提供了条件，但在整体上改变了河湖系统的结构，对湖泊生态系统健康和服务功能发挥的负面影响日益显现. 通过修建鱼类洄游通道、水闸生态调度和恢复自由连通等多种形式实施河湖连通，对提高湖泊调蓄洪水能力、减轻湖泊富营养化和蓝藻水华暴发危害、减缓湖泊萎缩消亡趋势、孕育和保护物种多样性，维护湖泊生态健康具有重要作用.

3.5 加强江河源区湖泊变化监测与生态保护，优化流域水资源配置与管理

江河源区湖泊对近代环境变化响应敏感，湖泊退缩、咸化乃至消亡使得源区生态系统更加脆弱. 在气候变化和人类活动双重作用下，生态退化、环境破坏后可恢复性差，生态保护显得异常重要. 要强化湖泊变化监测和自然与人文因素作用下变化规律研究，开展生态功能区划、生态移民的研究和试点[36]，切实保障湖泊涵养水源、调节生态等服务功能. 西北水资源严重匮乏，应大力节水战略，切实提高流域水资源利用效率；要根据流域不同区段水资源承载能力和生态需水要求[37]，合理确定开发方向、规模和强度，控制不合理的产业和人口集聚. 同时，为了保障流域（尤其是下游）生态用水，维持湖泊及流域生态平衡和维护生物多样性，要对流域水资源进行全面规划，强调湖泊及流域以及流域不同区段水资源配置的统筹配置. 要加强湖泊流域水资源合理配置与管理，发挥湖泊水资源最大功效.

致谢：论文写作过程中承蒙“中国湖泊水质、水量与生物资源调查”项目组各调查片区提供宝贵数据和初步调查结论，特此致谢！

4 参考文献

[1] 王苏民，窦鸿身. 中国湖泊志. 北京：科学出版社，1998.

[2] 王洪道等. 中国湖泊概论. 北京：科学出版社，1980.

[3] 王洪道，顾丁锡，刘雪芬等. 中国湖泊水资源. 北京：农业出版社，1987.

[4] 窦鸿身，姜加虎. 中国五大淡水湖. 合肥：中国科学技术大学出版社，2003.

[5] 金相灿，屠清瑛等. 中国湖泊富营养化. 北京：中国环境科学出版社，1990.

[6] 姜加虎，黄 群，孙占东. 长江流域湖泊湿地生态环境状况分析. 生态环境，2006，**15**（2）：424-429.

[7] 孙顺才，黄漪平. 太湖. 北京：海洋出版社，1993.

[8] 姜加虎，王苏民. 长江流域水资源、灾害及水环境状况初步分析. 第四纪研究，2004，**24**（5）：512-517.

[9] 虞孝感，姜加虎. 关于99’太湖流域洪水灾情、成因及流域整治的若干认识和建议. 湖泊科学，2000，**12**（1）：1-9.

[10] 窦鸿身，史复祥，闵 骞. 从鄱阳湖区的洪涝灾害看围垦对洪水位的影响. 见：许厚泽，赵其国编. 长江流域洪涝灾害与科技对策. 北京：科学出版社，1999.

[11] 虞孝感，姜加虎，窦鸿身等. ’98长江流域洪水的警示与治水方略. 中国科学院院刊，1998，（6）：438-442.

[12] 许朋柱，秦伯强. 2001－2002水文年环太湖河道水量及污染物通量. 湖泊科学，2005，**17**（3）：213-218.

[13] 马 倩，刘俊杰，高明远. 江苏省入太湖污染量分析（1998－2007年）. 湖泊科学，2010，**22**（1）：29-34.

[14] 朱广伟. 太湖富营养化现状及原因分析. 湖泊科学，2008，**20**（1）：21-26.

[15] 秦伯强. 太湖水环境面临的问题、研究动态和初步成果. 湖泊科学，1998，**10**（4）：1-9.

[16] 水利部太湖流域管理局流域公报. 太湖流域省界水体水资源质量状况通报（2010年7月）（http://www.tba.gov.cn:90/art/2010/8/24/art_723_32053.html）.

[17] 中国科学院南京地理与湖泊研究所. 太湖梅梁湾2007年蓝藻水华形成及取水口污水团成因分析与应急措施建议. 湖泊科学，2007，**19**（4）：357-358.

[18] 姜加虎，黄 群，孙占东. 长江中下游湖泊保护和管理的若干建议. 长江流域资源与环境，2005，**14**（1）：40-43.

[19] 窦鸿身,姜加虎. 洞庭湖. 合肥:中国科学技术大学出版社,2000.
[20] 余国营,刘永定,丘昌强等. 滇池水生植被演替及其与水环境变化关系. 湖泊科学,2000,**12**(1):73-80.
[21] 陈银瑞,杨君兴,李再云. 云南鱼类多样性和面临的危机. 生物多样性,1998,**6**(4):272-277.
[22] 陈银瑞. 云南鱼类资源及其利用和保护. 自然资源,1991,(1):25-33.
[23] 地方志编写委员会. 呼伦湖志. 海拉尔:内蒙古文化出版社,1998.
[24] 李 林,朱西德,王振宇等. 近 42a 来青海湖水位变化的影响因子及其趋势预测. 中国沙漠,2005,**25**(5):689-696.
[25] 刘瑞霞,刘玉洁. 近 20 年青海湖湖水面积变化遥感. 湖泊科学,2008,**20**(1):135-138.
[26] 姜辰蓉,钱 荣. 中国最美湖泊青海湖连续 5 年水位上涨水面扩大(http://news. sohu. com/20091211/n268869573. shtml).
[27] 李 晖,肖鹏峰,冯学智等. 近 30 年三江源地区湖泊变化图谱与面积变化研究. 湖泊科学,2010,**22**(6):862-873.
[28] 姜加虎,黄 群. 青藏高原湖泊分布及与全国湖泊比较. 水资源保护,2004,**20**(6):24-27.
[29] 姜加虎,黄 群. 我国西部地区湖泊水资源利用与湖水咸化状况分析. 干旱区地理,2004,**27**(3):300-304.
[30] 黄 群,姜加虎. 岱海水位下降原因分析. 湖泊科学,1999,**11**(4):304-310.
[31] 赵慧颖,李成才,赵恒和等. 呼伦湖湿地气候变化及其对水环境的影响. 冰川冻土,2007,**29**(5):795-801.
[32] 李立人,王雪冬. 乌伦古湖水质现状及污染防治对策. 干旱环境监测,2003,**17**(2):102-106.
[33] 周云凯,姜加虎,黄群等. 内蒙古岱海水质咸化过程分析. 干旱区资源与环境,2008,**22**(12):51-55.
[34] 肖开提·阿不都热衣木,汤世珍. 新疆艾比湖水矿化度变化过程及原因分析. 水资源保护,2010,**26**(4):35-38.
[35] 杨桂山,李立锋,翁立达. 长江保护与发展报告 2007. 武汉:长江出版社,2007.
[36] 中国科学院水资源领域战略研究组. 中国至 2050 年水资源领域科技发展路线图. 北京:科学出版社,2009.
[37] 王苏民,林而达,佘之祥. 环境演变对中国西部发展的影响及对策. 北京:科学出版社,2002.